



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**AMBIENTAL**

“Determinación de la calidad de ladrillos ecológicos con diferentes proporciones de plástico PET y escombros”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**Ingeniero Ambiental**

**AUTOR:**

Br. Lachos Labán, Ronald francisco (ORCID: 0000-0003-3846-9683)

**ASESOR:**

Mg. Monteza Arbulú, César Augusto (ORCID: 0000-0003-2052-6707)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y gestión de los residuos

**Chiclayo – Perú**

**2020**

## **Dedicatoria**

**Dios**, por darme la vida, salud y por iluminarme mi camino, para así poder seguir adelante luchando y enfrentando obstáculos que se me ha presentado, y por darme una madre maravillosa y una familia con su apoyo incondicional.

**Mi amada madre Rosa Labán Jaramillo**, que meda su amor incondicional, por estar siempre conmigo, por creer en mí a pesar de las dificultades, por ser mi modelo de ejemplo.

**Mi padre Eli Soto Fernández**, por enseñarme el verdadero amor y por enseñarme hacer un buen padre, esposo e hijo.

**Mis hermanos Víctor Gonzales Labán, Zaid Soto Labán y Eliana Soto Labán**, quienes son mi motivo de seguir adelante y están siempre conmigo.

**Mi familia Labán**, quienes me cuidaron, ayudaron, creyeron en mí, y por enseñarme el amor de una familia.

## **Agradecimiento**

Quiero agradecer a mi mamá Rosa Labán Jaramillo, por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles, por permitirme en terminar mis estudios universitarios y lograr en ser un ingeniero ambiental, dándome las mejores enseñanzas, en como poder cumplir nuestros objetivos.

A mis hermanos Víctor Gonzales Labán, Zaid Soto Labán y Eliana Soto Labán, agradecerles hermanitos por su apoyo incondicional, y por hacer que mis sueños, metas y objetivos se hagan realidad, porque sin tu ayuda no hubiera podido llegar en donde estoy, gracias por no abandonarme y por ser una persona maravillosa y la mejorhermana.

A mi padrastro Eli Soto Fernández, gracias por aceptar a mi mamá con sus dos hijos, por su apoyo, consejos y sobre todo por ser un buen hombre, por darnos un hogar y por la felicidad que comparte con nosotros.

Al ingeniero Cesar Monteza Arbulú, agradecerle por su asesoría, por su paciencia, por hacer todo lo posible que avancemos y lleguemos a culminar con este trabajo de investigación.

A la ingeniera Bertha Gallo, agradecer por sus buenas enseñanzas y consejos, que fuero parte de mi formación profesional.

A toda mi familia Labán, por confiar en mí, por darme apoyo moral y ánimos para seguir adelante cuando quería rendirme, gracias por el cariño que me tienen.

## **Página del jurado**

## **Declaratoria de autenticidad**

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado .....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	v
Índice de contenidos .....	vi
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras.....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>III. MÉTODO .....</b>	<b>22</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	22
3.2. Variables y operacionalización:.....	22
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis.....	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.5. Procedimientos .....	24
3.6. Método de análisis de datos .....	26
3.7. Aspectos éticos .....	29
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>40</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>41</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>48</b>
Acta de aprobación de originalidad de tesis .....	56
Reporte de turnitin .....	57
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV .....	58
Autorización versión final del trabajo de investigación .....	59

## Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de unidad de albañilería para fines estructurales. ....	11
Tabla 2. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería. ....	13
Tabla 3. Clasificación de la densidad del ladrillo. ....	16
Tabla 4. Requisitos complementarios de Absorción. ....	16
Tabla 5. Datos técnicos del Polietileno Tereftalato (PET). ....	19
Tabla 6. Diseño de Mezcla ....	24
Tabla 7. Resultado del ensayo de compresión del ladrillo con escombros y PET 6%. ....	30
Tabla 8. Resultado del ensayo de compresión del ladrillo con escombros y PET 4%. ....	30
Tabla 9. Resultado del ensayo de compresión del ladrillo con escombros y plástico PET. .	30
Tabla 10. Variación dimensional. ....	31
Tabla 11. Resultado del ensayo de variación dimensional de los ladrillos PET 6%. ....	32
Tabla 12. Resultado del ensayo de variación dimensional de los ladrillos PET 4%. ....	33
Tabla 13. Resultado del ensayo de variación dimensional de los ladrillos PET 3%. ....	34
Tabla 14. Alabeo por cada tipo de ladrillo de escombros y PET. ....	35
Tabla 15. Resultado del ensayo de alabeo de los ladrillos con escombros y PET 6%. ....	35
Tabla 16. Resultado del ensayo de alabeo de los ladrillos con escombros y PET 4%. ....	36
Tabla 17. Resultado del ensayo de alabeo de los ladrillos con escombros y PET 3%. ....	36
Tabla 18. Absorción por cada tipo de ladrillo de escombros y PET. ....	37
Tabla 19. Resultado del ensayo de absorción de los ladrillos PET 6%. ....	37
Tabla 20. Resultado del ensayo de absorción de los ladrillos PET 4%. ....	37
Tabla 21. Resultado del ensayo de absorción de los ladrillos PET 3%. ....	38
Tabla 22. Contenido de humedad por cada tipo de ladrillo de PET y escombros. ....	38
Tabla 23. Resultado del ensayo de contenido de humedad de los ladrillos PET 6%. ....	38
Tabla 24. Resultado del ensayo de contenido de humedad de los ladrillos PET 4%. ....	39
Tabla 25. Resultado del ensayo de contenido de humedad de los ladrillos PET 3%. ....	39
tabla 26. Matriz de operacionalización de variables. ....	48
Tabla 27. Matriz de consistencia para la elaboración de tesis. ....	50

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Zonificación sísmica en el Perú .....	14
<b>Figura 2.</b> Medición del alabeo .....	15
<b>Figura 3.</b> Unidad estructural del PET .....	18
<b>Figura 4.</b> Detalle de la geometría de los ladrillos ecológicos de plástico Pet .....	25
<b>Figura 5.</b> Medición del alabeo .....	28



## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo principal determinar las propiedades físicas mecánicas, de ladrillo de concreto con plástico PET reciclado, definidas en la norma técnica E.070. Para lo cual se determinaron las proporciones óptimas de los agregados en la mezcla de concreto para elaborar una unidad de albañilería clase IV. Posteriormente se procedió a agregar a la mezcla de ladrillo de concreto vibrado hojuelas de plástico PET reciclado en porcentajes crecientes de 0%, 3%, 6% y 9%, obteniéndose cuatro tipos de ladrillo, a éstos se les realizó diferentes ensayos a los 28 días de edad para determinar sus propiedades físico mecánicas; siendo la propiedad principal en la clasificación de las unidades de albañilería la resistencia a compresión, los valores característicos determinados son  $f'_b = 161.96 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'_b = 127.08 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'_b = 118.80$  y  $f'_b = 110.46 \text{ kg/cm}^2$  con coeficientes de variación de 2.95%, 6.86%, 4.54% y 6.41% para porcentajes de 0%, 3%, 6% y 9% de PET respectivamente. Se determinó la resistencia a compresión axial característica en pilas, cuyos valores son  $f'_m = 128.55 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'_m = 100.83 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'_m = 79.79 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'_m = 76.75 \text{ kg/cm}^2$  con coeficientes de variación de 9.24%, 11.49%, 11.68% y 8.63% para porcentajes de 0%, 3%, 6% y 9% de PET respectivamente. La resistencia a corte característica en muretes es  $V'_m = 16.47 \text{ kg/cm}^2$ ,  $V'_m = 12.83 \text{ kg/cm}^2$ ,  $V'_m = 13.17 \text{ kg/cm}^2$  y  $V'_m = 9.96 \text{ kg/cm}^2$  con coeficientes de variación de 15.42%, 9.27%, 10.33% y 10.36% para porcentajes de 0%, 3%, 6% y 9% de PET respectivamente. Se concluyó que las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto vibrado al adicionar hojuelas de plástico PET reciclado no mejoran, habiendo una disminución máxima de la resistencia a compresión del ladrillo de  $51.5 \text{ kg/cm}^2$  o 31.8%, respecto de la mezcla patrón; sin embargo, las propiedades físico mecánicas de los tres tipos de ladrillo de concreto con plástico PET reciclado cumplen con los requerimientos definidos por la norma E.070:2006.

**Palabras Claves:** PET, albañilería, prismas, resistencia a compresión, resistencia.

## ABSTRACT

This research had as main objective to determine the physical and mechanical properties of concrete brick with recycled plastic PET, that the E.070:2006 Technical Standard requests. For this, were determined the optimum proportions of aggregates in the mix for the vibrated concrete to constitute a IV class masonry unit. Subsequently we proceeded to add to the mixture of vibrated concrete brick, recycled plastic PET flakes in increasing percentages of 6%, 4% and 3%, obtaining four types of brick, those were subjected to different tests to 28 days of age in order to determine their physical and mechanical properties; the main property in the classification of masonry units was the compressive strength of the concrete units, the determined characteristic values are  $f'_b = 161.96 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'_b = 127.08 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'_b = 118.80$  and  $f'_b = 110.46 \text{ kg/cm}^2$  with coefficients of variation of 2.95%, 6.86%, 4.54% and 6.41% for percentages of 0%, 3%, 6% and 9% of PET respectively. The characteristic axial compressive strength in piles was determined, whose values are  $f'_m = 128.55 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'_m = 100.83 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'_m = 79.79 \text{ kg/cm}^2$  and  $f'_m = 76.75 \text{ kg/cm}^2$  with coefficients of variation of 9.24%, 11.49%, 11.68% and 8.63% for percentages of 0%, 3%, 6% and 9% of PET respectively. The characteristic shear strength in walls is  $V'_m = 16.47 \text{ kg/cm}^2$ ,  $V'_m = 13.17 \text{ kg/cm}^2$  y  $V'_m = 9.96 \text{ kg/cm}^2$  with coefficients of variation of 15.42%, 9.27%, 10.33% and 0.36% for percentages of 0%, 3%, 6% and 9% of PET Respectively It was concluded that the mechanical properties of vibrated concrete bricks do not improve when it is added flakes of recycled plastic PET, there being a maximum decrease of the compressive strength of the brick of  $51.5 \text{ kg/cm}^2$  or 31.8%, with respect to the standard mixture; however, the physical and mechanical properties of the three concrete brick types with recycled plastic PET satisfy the E.070:2006 Technical Standard requirements.

**Keywords:** PET, masonry, prisms, compressive strength, shear strength.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Actualmente nuestro planeta está habitado por más de 6300 millones de habitantes, miles de especies de animales y plantas, que son afectados por los hábitos de consumo del hombre, y en especial por un componente que nos acompaña día a día, como es el plástico, que son llevados a rellenos sanitarios o vertederos cercanos a ríos y mares. El plástico con el tiempo se foto degrada en pequeñas partículas que se asemejan al zooplancton, son confundidos por los peces quienes se alimentan de ellas, otros pedazos de plástico de más tamaño terminan en los estómagos de las aves riverañas y por la fauna marina, dando como resultado de la contaminación de ecosistemas acuáticos.

Se calcula que cada año acaban en el océano unos 8 millones de toneladas de plástico, dando como resultado a la formación del fenómeno conocido como la gran mancha flotante de plástico, que se encuentra en el océano pacifico entre Norte América y Japón, debido a que las grandes corrientes marinas han logrado juntar entre los últimos 40 años cerca de 100 millones de toneladas de plástico, donde el 70% acaba en las profundidades y el 30% flotando, siguiendo con esta modalidad se menciona que en el año 2050 podría existir 12000 millones de toneladas métricas de desechos plástico, que esto acabarían con los ecosistemas Parker (2018).

Otro de los grandes problemas ambientales que afectan gravemente al planeta, son los escombros o demoliciones, que son producidos en las demoliciones de viviendas y en las fábricas de ladrillos, ya que esto generan un impacto ambiental negativo, puesto que los escombros no son tratados y manejados adecuadamente, por lo consecuente generan grandes volúmenes que son arrojados a las intemperies, generando deterioro de ecosistemas. A pesar que existe reglamentos que indican para el buen manejo de los residuos de las actividades de la construcción y demolición, como es en el caso del Perú, donde Decreto Supremo: D.S. N°003 – 2013 – VIVIENDA, regula la gestión del manejo de los residuos sólidos generados por dichas actividades (Binner, Méndez, & Miyashiro, 2016).

Ante esta situación se plantea como objetivo determinar la proporción óptima de plástico PET y escombros para elaborar un ladrillo ecológico de calidad. Por lo tanto, se desarrolló la recolección del plástico PET y escombros, ya que son residuos sólidos urbanos que no son

reaprovechados y que además ocasionan gran contaminación ambiental. En la actualidad la construcción civil, conjuntamente con la gran demanda conlleva a edificaciones de viviendas de mala calidad, ya sean por el factor económico que la población adquiere productos de bajo precio y a la vez de baja consistencia.

Los ladrillos ecológicos son una alternativa de solución que ayudaría contrarrestar estos grandes problemas de contaminación como son los plásticos PET y escombros, que se viene dando incontrolablemente, por lo cual ayudaría también a reducir el gran impacto ambiental sobre la contaminación a la atmósfera por la emanación de dióxido de carbono por la producción de ladrillos de arcilla. Estos ladrillos cumplen lo básico de la norma técnica E – 070 dando como origen a una construcción verde, y así minimizar los impactos ambientales, riesgos ambientales, proteger la salud y el bienestar de la persona humana y contribuir al desarrollo sostenible del país y del mundo.

La formulación del problema es lo siguiente: ¿Cuál será la proporción adecuada del plástico PET y escombros que produzcan ladrillos ecológicos de calidad?

El presente trabajo de investigación se justifica plenamente por la existencia de residuos sólidos de PET y escombros que son arrojados a las intemperies, causando grandes daños a los ecosistemas acuáticos como terrestres, con la necesidad de generar conciencia ecológica que permita inculcar hábitos de reciclaje y evitar o minimizar los impactos negativos de tales residuos en los ambientes terrestres, acuáticos y aéreos de nuestra localidad. Ante esta problemática se consideramos que el principal aporte para minimizar la contaminación de estos residuos, será la innovación de materiales de construcción sostenibles o ecológicos, específicamente para la construcción de muros de viviendas, por lo que se plantea el uso de botellas tipo PET, más los escombros como materia prima que a su vez ayude a solucionar los problemas más álgidos derivados de la contaminación ambiental y la falta de viviendas. También se considera la disminución de los costos de construcción de vivienda de un piso con adecuadas condiciones sísmicas resistentes dentro de los parámetros establecidos en las normas E-070 (Albañilería) y E-030 (Sismo resistente) del Reglamento Nacional de Edificaciones, este trabajo busca contribuir a la preservación de los recursos naturales y cuidado de los ecosistemas a través de esta tecnología de construcción que es ecológicamente, por sus componentes, fabricación y costo de elaboración, dando como

resultado a una industria de construcción ecológica.

La hipótesis del presente trabajo se clasifica en dos: Ha: Con una proporción optima de plástico PET y escombros en la elaboración de los ladrillos ecológicos aumentara la calidad del ladrillo ecológico. Ho: Con una proporción optima de plástico PET y escombros en la elaboración de los ladrillos ecológicos no aumentara la calidad del ladrillo ecológico.

El objetivo general: Es determinar cuál es la proporción optima de plástico PET y escombros para producir un ladrillo ecológico de calidad.

Los objetivos específicos: Plantear el procedimiento de elaboración de ladrillos ecológicos. Establecer el prototipo de ladrillo ecológico a base de plástico PET y escombros. Determinar la resistencia a compresión de los ladrillos ecológicos con plástico PET y escombros. Comprobar los resultados obtenidos con la norma técnica de edificaciones E. 070 albañilería. Determinar la opción más viable para la conservación de nuestro planeta a través de la utilización de los ladrillos ecológicos.

## II. MARCO TEÓRICO

En la realidad problemática menciona que cada día la población humana va creciendo aún ritmo acelerado, dando como consecuencia al consumo de los recursos naturales descontroladamente, trayendo un desequilibrio del ciclo natural, pertinentemente a los impactos ambientales negativos que perjudican al planeta tierra.

Uno de los grandes problemas que atraviesa el mundo, es la producción y el uso excesivo de los plásticos. Un estudio realizado por (Barra, Sunday, Whaley, & Bierbaum, 2018) señalo que la “producción de plástico aumentó en más de 20 veces entre 1964 y 2015, con una producción de 322 millones de toneladas métricas, y se espera que se duplique en el 2035 y se cuadruplique en el 2050” (p.5). En la actualidad los plásticos son un problema muy seriamente grave, debido a que está destruyendo nuestros mares y océanos, por el motivo que llegan a parar a esos puntos donde van acabando la vida de ecosistemas marinos, ya que solo se recicla el 9% de todo el plástico producido, formándose posteriormente las famosas mareas de plásticos según su informe por el Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2018). Los plásticos son fabricados en menor tiempo, pero tardan más de 100 años para desaparecer en forma natural en el ambiente, esto no perjudica directamente al ser humano, si a los ecosistemas que dependemos de ellas.

Según Milman, (2018) menciono la existencia de una gran mancha de residuos sólidos en el océano pacifico, donde se ha encontrado mucho más plásticos de los que se creía, lo que ha crecido la alarma por el aumento de la contaminación de billones de trozos de plásticos que conforman un área de desechos que se extiende a 1,6 millones km<sup>2</sup> (es el doble de la superficie de Francia) y que contiene un aproximado de 79.000 tn de masa. Esto nos permite que debemos actuar lo antes posible, por el motivo que el plástico se ha convertido en una plaga ambiental que va acabando con nuestros recursos marinos.

Otro de los grandes problemas que se viene dando en la actualidad es la producción de ladrillos. En un estudio realizado por la RED DE LADRILLERA (2017), menciono que cada día millones de ladrillos son utilizados por la manufactura de la construcción en américa Latina, que son fabricados por 45000 hornos de ladrillos artesanales, que utilizan carbón y otros combustibles, produciendo 6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> y carbón negro, que son

denominados contaminantes climáticos de vida corta. Se dice que para los próximos 100 años se estima que el carbón negro llegue entre los 330 a 2240 veces más dañinos que el CO<sub>2</sub>, ya que contiene un potencial de calentamiento de 460 a 1500 más que el CO<sub>2</sub>. Para esto se realizó estudios que muestran la necesidad de implementar tecnologías eficientes, principalmente en el momento de la cocción de ladrillos para así poder contrarrestar las emisiones del 10% al 50%, según el proceso utilizado.

Se menciona que el Perú es uno de los países más propenso al fenómeno del cambio climático, debido a la contaminación que se origina, por diferentes factores, ya que son producidos a partir de las actividades antropológicas, una de ellas es la producción de ladrillos artesanales o industriales donde existe un aproximado de 1000 ladrilleras, puesto que no cumplen con los estándares o parámetros dados por el Ministerio del Ambiente. Se dice que en la actualidad la producción aumentada el doble, por motivo al crecimiento del sector constructivo, en que el 90% se va al sector privado y el 10% al sector público. Donde se ubican en los sectores más endebles de cada ciudad del país, trayendo un atraso social junto con enfermedades a la salud pública, contaminación a sus fuentes de alimentación como el agua y cultivos.

Según el diario La República, (2011) menciono que en la región de Lambayeque existe un “aproximado de 115 ladrilleras no formalizadas”, haciendo que no cumplan con las normas puestas por el MINAM, dando como resultado el aumento de las emisiones de gases tóxicos que contaminan el medio ambiente.

Por otro lado, un informe recientemente dado por la OEFA, indico que, de 195 municipalidades, 92 requieren tomar acciones para la efectividad del manejo adecuado de los residuos sólidos, donde la región Lambayeque es una de ellas, dado que 4 distrito se encuentra en riesgo de contaminación como Chiclayo, José Leonardo Ortiz, Lambayeque y Pomalca según la prensa Radio Programas del Perú (2018). Por otra parte, en la región de Lambayeque se estima que 90 ladrilleras artesanales e industriales, son las que amenazan al ecosistema local, ya que no se integran al cumplimiento de las normas dadas, según Alicia Rodríguez, jefa de la OEFA, donde pidió a las autoridades ediles tomar cartas en el asunto para poder controlar la contaminación ambiental La República (2016).

Los trabajos previos que se tomaron en cuenta son los que se presentan a continuación: Noticiascaracol.com, Noticias Caracol, (2017) En la ciudad de Bogotá – Colombia se produce aproximadamente unas 740 tn/día de residuos sólidos urbanos, que el 30 % de estos residuos está conformado por plástico, a partir de esta problemática se han visto en crear madera plástica o ladrillos que contienen plástico (botellas, envolturas, etc.) de industria pre fabricados, donde son recolectados y seleccionados para poder ser triturados para sí poder ser densificado con una mezcla química que ayudara en adherirse, poder pasar al molde con una compresora le darán la forma adecuada de una pieza para así poder construir rápidamente, que son enmarcados con un marco metálico que le da la estabilidad de la construcción.

La conclusión que se ha llegado de la publicación noticiera respecto a los famosos ladrillos o madera de plástico es que tienen la capacidad de adaptarse al terreno y a la temperatura, son de peso liviano que pueden resistir como estructura normal. Son de facilidad para la construcción donde hace que permita que cualquier persona, sin conocimiento de arquitectura y así pueda construir. Se menciona que, en tres años, estas viviendas, se han instalado en varias ciudades de Colombia e incluso se ha exportaron a los países de Costa Rica y Aruba.

Quevedo, (2017) El crecimiento de poblaciones demanda del consumo de recursos naturales, haciendo que este aumente su valor por el motivo que se va agotando. En el siguiente trabajo de investigación, se realizó una alternativa de solución en el rubro de la construcción de hogares con un costo económico menor, donde determinaron la influencia de los ladrillos elaborados por Polietileno Tereftelato.

En el siguiente estudio, se realizó con el diseño Pre – Experimental donde se concluyó que los ladrillos PET, son un material alternativo en la construcción y que además es amigable con el ambiente, ya que cumple con lo básico de las propiedades físicas y mecánicas que son evaluadas por la norma técnica E-070 albañilería, así como también la norma técnica del Perú 399.605, NTP 399.613, NTP 399.621 MTC E 609-200. Además, presenta un buen comportamiento estructural y sísmico, según la norma E- 030 sismo resistente, haciendo que sea más eficaz el producto ya que en el Perú existen lugares sísmicos.



Llegando a la conclusión, que, si se cumple las normativas de albañilería, serían una alternativa de construcción sostenible, debido que formarían parte de una construcción verde, además presenta un ahorro del 30.42% en su fabricación, con respecto al uso de las unidades de albañilería de arcilla.

Valles, (2016) Uno de los problemas ambientales que sigue pasando el Perú es el manejo y la disposición de los residuos sólidos que se producen en las ciudades, ocasionado grandes problemas de difícil solución, actualmente los desperdicios urbanos son mayormente enterrados o arrojados a las fuera de las ciudades debido a que no existe botaderos formales, rellenos sanitarios y mucho menos plantas recicladoras; pensando que es una buena alternativa racional, en el punto económico y ambiental sea una solución correcta; porque algunos residuos tienen valor económico y no son aprovechados dando impactos negativos ambientales.

En lo consiguiente del estudio de investigación que se llevó acabo en la ciudad de Iquitos por la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana – Ciudad Universitaria de Zungaro Cocha. El objetivo de este estudio fue desarrollar ladrillos plásticos con mezcla de cemento. Estos son los procesos que se realizó posteriormente: primero se trituro el plástico en una trituradora de 250 Hp de potencia. Lo segundo fue la preparación de la mezcla del cemento con las siguientes concentraciones T1: 7.00 kg. Cemento; 7.00 kg plástico triturado, T2: 10.5 kg cemento; 3.5 kg plástico triturado, T3: 12.25 kg cemento; 1.75kg plástico triturado, T4: 12.60 kg cemento; 1.40 kg plástico triturado. Lo tercero es donde se coloca el amasijo en unos moldes con las dimensiones dadas por las normativas técnicas del Perú, recibiendo una compactación manual. Por lo último se pasó a un reposo de un día de secado en el sol, para luego pasar a un curado con agua durante 7 días; pasado ese periodo se ponen a un secado natural de 28 días en ambiente natural bajo sombra para poder tener la aglomeración correcta.

Los resultados de las pruebas fueron las siguientes: las muestra T4 tuvo mayor resistencia soportando un total de 9,32 tn de carga, antes de la deformación y/o rotura del ladrillo, mientras que la muestra T2 fue la más débil con un soporte de 4,87 tn. Se basó en la NTP E.070, NTP 399.613; estos ladrillos tienen una clasificación Tipo I, ya que la compresión es menor a  $50 \text{ kg/cm}^2$ , la durabilidad y resistencias son muy bajas. Entonces se concluyó que los ladrillos solo son aptos para construcciones de exigencias mínimas.

Según Viegas, Walsh, & Barros, (2016) menciona que en zonas rurales y agrícolas como en el Perú y/o en otros países se observan construcciones de viviendas de muy baja inversión con altos déficit de habitabilidad y deficiencias de la envolvente, estas condiciones son producido por su frágil situación económico – productivo.

En este trabajo que se realizó se propuso una búsqueda de materiales alternativos para la aislación termica de viviendas, ya que se encontraban en zonas de bajas temperaturas, se reutilizaron materiales reciclados que podrían colaborar en la mejora de la vivienda. Para ello desarrollaron un equipo de medición de la transmisión termica de materiales, basados en el principio de “caja caliente”. Durante el año 2014 se realizaron mediciones de los materiales más representativos, agrupados en cuatro categorías: fibras naturales, plásticos, papel y tierra. Las mediciones cuantitativas fueron contrastadas con la opinión de los posibles usuarios de estos materiales y de los técnicos que trabajaban con este sector social, a través de entrevistas y consultas que sirvieron para medir. Obtuvieron como resultados valores de conductividad termica muy bajos en materiales naturales y de descarte como fue el uso de mapas de cartón corrugado (0,14 w/mk), y las fibras de polietileno reciclado (0,075 w/mk), estas mediciones se hicieron a través de dos métodos: Heat Flow Meter (HFM, medidor de flujo de calor) y Guarded Hot Plate (GHP, placa de guarda caliente); donde el GHP lo utilizan para valores absolutos de conductividad térmica, y el HFM para mediciones comparativas.

La conclusión que llegaron fueron que los residuos de derivados celulósicos como el cartón corrugado y el polietileno tienen una buena respuesta térmica, que es de costo bajo o nulo, ya que reduce un hecho existente para los usuarios, que consideran como posible su aplicación, pero si se resuelven los problemas de estanqueidad, humedad y condensación.

Según Martínez & Cote, (2014) menciona que los procesos industriales suelen ser los grandes contaminantes del planeta, ya sea por emisión de gases que se produce durante el proceso o por los desechos que estos generan. Uno de las industrias más contaminantes es la de producción de ladrillo, la cual usa mucho carbón y materiales como llantas para generar la energía.

En este trabajo se realizó el siguiente procedimiento experimental donde inicialmente se

recolectaron y clasificaron las botellas PET, luego se introduce el material a la máquina trituradora para obtener partículas de plástico. A continuación, se fabrica el molde en madera con las dimensiones ya establecidas por los fabricantes, que son 23 largo x 10 ancho x 4 alto (cm). Ya teniendo el molde listo y el PET triturado se procede a mezclar los materiales: cemento gris, una porción de agua, posteriormente se pasa a una máquina de tracción PCE – MTS500, donde se ejerció una compresión de 5600 kgf en comparación con los ladrillos comerciales de un esfuerzo máximo de 4480 kgf, según su norma NTC 673 – Colombia, para después pasar aun secado natural por el sol durante un día. Luego finalizado el día de secado se ponen los ladrillos en un tanque, que debe estar lleno de agua, donde pasaran 7 días aproximadamente en un proceso que se le hace al cemento, el cual se llama “curado”, que brinda al ladrillo las características de cohesión. Pasando los 7 días del proceso anterior, se sacan los ladrillos del agua para pasarlos a un lugar fresco, donde están bajo techo y a temperatura ambiente; son almacenados uno sobre otro y no se pueden mover durante 28 días, lapso en el que tomarán las propiedades mecánicas, dando como resultado a un ladrillo con mayor resistencia y capacidad para ser utilizado en la construcción.

La conclusión que se ha llegado es en diseñar y construir un producto que cuenta con excelentes propiedades mecánicas, de fácil fabricación y que se puede llegar a competir con el ladrillo que actualmente se utiliza en la construcción.

Gaggino, (2008) menciona que en la actualidad existe un problema mayor que afecta severamente al ambiente, estamos hablando de los plásticos en general, ya sean en diferentes derivados, que además se demoran en descomponerse naturalmente, agregado esto hacen más aún que las poblaciones sean más vulnerables en diversas formas, ya sea en lo económico y social.

Este artículo de investigación científico se realizó en la ciudad de Córdoba – Argentina, puesto que observaron poblaciones aledañas que tenían necesidades básicas como de viviendas dignas, a causa de que la población mucho se enfermaba por el frío que se ocasiona. Tuvieron la idea de realizar ladrillos ecológicos compuestos con plásticos de diferentes derivados, excepto los que son tóxicos (agroquímica), ya que se reciclaba 150 tn/mes. Los residuos plásticos son seleccionados, triturados con un molino especial, y así son incorporados a mezclas con cemento, donde pasaron a un molde dándole forma para después

pasar por una compactadora que le daba la consistencia del ladrillo, y por último se dejó al aire libre por 28 días después de su fabricación. Los resultados que obtuvieron fueron que el peso fue inferior a los demás ladrillos tradicionales o industriales, sus dimensiones fueron los siguientes 240 cm largo, 28 cm de ancho, espesor 01 fue de 5,6 cm y el espesor 02 fue de 4,8 cm; resistencia a la compresión axial 3468 kg, resistencia a la flexión 147,5 kg, resistencia al choque duro 29 mm y su peso fue de 45,21 kg. Esto cabe mencionar que son resultados de una plancha de bloque de ladrillo de plástico PET.

La conclusión que llegó el autor es que la tecnología desarrollada fue de plástico reciclado para la elaboración de elementos constructivos se consideran apropiadas, ya que son simples, económica, no contamina, reduce el consumo de los recursos naturales (tierra fértil, madera y piedra); además aprovecha los residuos producidos abundantemente por industrias (plásticos). Esto hace que la evaluación en afirmar un mundo sostenible desde los puntos de vista ecológicos, económicos y sociales.

Sus teorías relacionadas al tema son las siguientes:

Calidad: Según la (Real Academia Española, 2017), define que la calidad es el conjunto de propiedades inherentes a un producto que nos permite caracterizarla y valorarla en la forma que se da, debido que ha pasado por una serie de pruebas o referencias las cuales dan la garantía de que sea óptimo.

Calidad de ladrillo: Según San Bartolomé, (2005) menciona que la norma técnica E.070 es la que “establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados” (p.9). Esta norma es la que se encarga de ver la parte estructural en las construcciones, ya que fueron dadas por el Ministerio de Vivienda, cabe decir que para determinar la calidad del ladrillo se tiene que cumplir con los requisitos dados por dicha normatividad, asegurando un bienestar en las construcciones de viviendas.

Una de sus ventajas es que más importantes de la calidad es que nos permite tener una construcción sostenible, porque existen estándares que exigen que los materiales sean más

óptimos para el mercado.

Y su desventaja para cumplir normativas que exigen la calidad del ladrillo se necesitan equipos, material y personal más preparado en las industrias ladrilleras, dando como resultado el aumento de costo del producto. Es ahí donde industrias ladrilleras no cuentan con suficiente capital, dando como resultado a una construcción menos sostenible.

Según Abanto, (2012) menciona que “la unidad de albañilería es el componente básico para la construcción de muros de albañilería y se componen en ladrillos y bloques” (p.39). Concluyendo que esto permite clasificar a las unidades de albañilería ya sea por su forma, peso, medida y composición en la elaboración.

Cabe mencionar que el ladrillo y el bloque pueden ser de concreto o artesanal, su diferencia es que las dimensiones y peso permiten sean manejados, en este caso el ladrillo puede ser manipulado con una sola mano, mientras que el bloque tiene que ser con dos manos.

Clasificación por el material fabricado:

- Ladrillos de arcilla cocida: son ladrillos fabricados con arcilla y agua en forma artesanal o en forma industrial.
- Bloques de cemento: es la mezcla de cemento, arena gruesa, confitillo y agua; los cual son dosificados y moldeados.
- Ladrillos o bloques silico – calcáreos: son un producto que contiene una mezcla de arena fina, agua y cal viva.

Sus clasificaciones de unidades para fines estructurales:

Para ello se tomará como referencia la norma E. 070; en donde las unidades de albañilería tendrán que cumplir con las características en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Clasificación de unidad de albañilería para fines estructurales.

Clase	Variación de la Dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia a la Compresión $F'_{b}$ (mín. en $\text{kg/cm}^2$ ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	$\pm 8$	$\pm 6$	$\pm 4$	10	4.9 (50)
Ladrillo II	$\pm 7$	$\pm 6$	$\pm 4$	8	6.9 (70)
Ladrillo III	$\pm 5$	$\pm 4$	$\pm 3$	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	$\pm 4$	$\pm 3$	$\pm 2$	4	12.7 (130)
Ladrillo V	$\pm 3$	$\pm 2$	$\pm 1$	2	17.6 (180)
Bloque P(1)	$\pm 4$	$\pm 3$	$\pm 2$	4	4.9 (50)
Bloque NP(2)	$\pm 7$	$\pm 6$	$\pm 4$	8	2.0 (20)

Fuente: Norma Técnica Peruana E.070

- ✓ BP: Son bloques usados en la construcción de muros portantes. Están diseñados en forma que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel a otro, y además tienen continuidad vertical.
- ✓ BNP: Son bloques usados en las construcciones de muros no portantes. Solo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano, por ejemplo, tenemos a los parapetos y los cercos.

Según San Bartolomé (citado en Echeverría, 2017) menciona que la clasificación de los ladrillos son cinco tipos:

Ladrillo I: Estos ladrillos contienen una resistencia y durabilidad muy baja, donde son empleados en bajas condiciones y con las exigencias mínimas.

Ladrillo II: En esta categoría se caracterizan por tener bajas resistencia y poca durabilidad; son aptas para utilizarse en mínimas condiciones de servicios moderadas.

Ladrillo III: Son ladrillos de mediana resistencia y durabilidad, aptos para emplearse en

construcciones sujetas a condiciones de bajo intemperismo.

Ladrillo IV: son de alta consistencia y durabilidad, aptos para ser utilizados bajo condiciones de servicio riguroso. También están sujetos a circunstancias de intemperismo moderado, respecto al contacto con el suelo y el agua.

Ladrillo v: Este grupo de ladrillos contienen una solides y durabilidad elevada; son aptos para emplearse en condiciones de trabajo muy rigurosos, y también están sujetos a condiciones de intemperismo similares al de tipo IV.

Según el MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO, [MVCS], (2018) menciona que sus limitaciones de las unidades de albañilería deben ser fabricadas según el lugar donde se utilice, ya que lo especifica con la norma técnica peruana E – 030, donde nos habla de las partes sísmicas que existe en el Perú.

**Tabla 2.** Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería.

LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Artesanal			
Sólido	Sí	Sí	Sí
Industrial			
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout.	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout.	Sí Celdas Parcialmente rellenas con grout.
Hueca	No	No	Si
<b>Tubular</b>	No	No	Sí, hasta 2 pisos

Fuente: Tomado del Reglamento Nacional de Edificaciones, E. 030.

**Figura 1.** Zonificación sísmica en el Perú.



Fuente: Tomada de la Norma técnica E.030.

Sus propiedades del ladrillo:

Propiedades físicas:

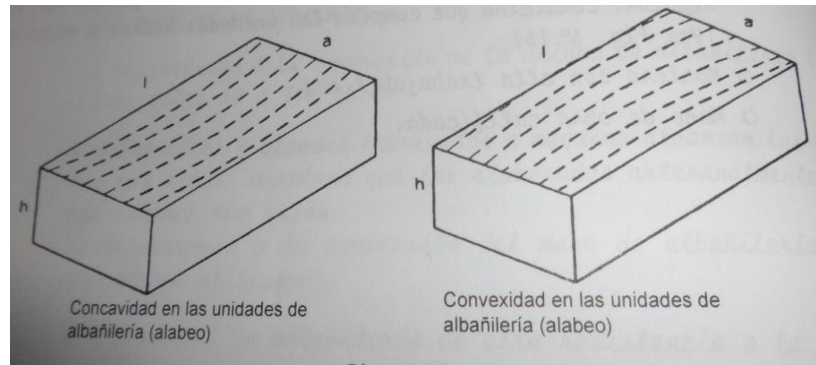
Variabilidad dimensional: Echeverría, (2017) Para poder elaborar ladrillos artesanales o industriales, se tiene que determinar la variación dimensional de las unidades de albañilería, ya que se refiere a las imperfecciones del ladrillo, donde se llegara a notar en la construcción, para esto se realizara el procedimiento indicado por la Norma NTP 399.613 y 399.604, en la cual nos permitirá medir las dimensiones de la unidad, así como: largo, ancho y altura ( $L*b*h$ ), en unidades de centímetros.

El alabeo: El alabeo es una de las unidades de albañilería, donde nos indica la variación dimensional concavidad o convexidad del tabique que condice a un mayor espesor de la junta, dando como consecuencia a la disminución de la adherencia con el mortero al formarse



vacíos en la parte horizontal alabeada, dando como resultado la afectación directa de la consistencia y fuerza cortante del muro de albañilería, donde puede producir falla de tracción debido a la flexión en la unidad. Para poder determinar el alabeo se debe continuar el procedimiento indicado por la NTP 399.604.

**Figura 2.** Medición del alabeo



Fuente: Abanto, 2012, Cap. 5, p. 46.

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la compresión:

Es una de las propiedades más importantes de la unidad de albañilería, ya que me determinará la resistencia y la durabilidad del ladrillo, donde se clasificará el tipo de unidad de albañilería. Para definir la resistencia de la compresión de las unidades de albañilería, se tomará referencia de la Norma NTP E.070, donde nos indica que el espécimen de prueba ya sea obtenido por diferentes métodos, pasaran una evaluación donde se calculara la resistencia a la compresión de cada espécimen con la ecuación.

Abanto, (2012) Menciona que “la succión es la propiedad que tienen las unidades de albañilería de absorber agua; que depende del grado de porosidad de la unidad” (...) “la succión es necesaria para lograr una adecuada adherencia entre la unidad de albañilería y el mortero” (p.47). Esto me permitirá medir la calidad del ladrillo, puesto que, si la unidad se encuentra mayor tiempo en el agua, para que su adherencia sea mínima, por lo tanto, la resistencia a la tracción de la albañilería disminuya.

Una densidad elevada en la unidad de albañilería, nos trae las siguientes ventajas:

- Mayor resistencia a la compresión ( $f'_{cb}$ ).

- Buen aislamiento acústico y térmico.
- Menos permeable, dificulta el paso de la humedad.

**Tabla 3.**Clasificación de la densidad del ladrillo

<b>TIPO</b>	<b>DENSIDAD (Min. En kg/cm<sup>3</sup>)</b>
I	1.5
II	1.6
III	1.6
IV	1.65
V	1.7

Fuente: Norma Técnica E – 070.

La absorción: el ladrillo tendrá que llegar a un estar de porcentaje de humedad según la Norma NTP 399.613 y 339.604, ya que muchos son llevados a construcciones en zonas con climas húmedos. La absorción de humedad se define como la diferencia entre dos masas del ladrillo, una sea seca al horno y la otra humedad después de sumergirla por un periodo de tiempo de 5 y 24 horas.

**Tabla 4.**Requisitos complementarios de Absorción.

<b>TIPO</b>	<b>ABSORCIÓN (Máx. en %)</b>
I	Sin limite
II	Sin limite
III	25
IV	22
V	22

Fuente: Tomado de Reglamento Nacional de Edificaciones 331.017.

Los ladrillos ecológicos son otra alternativa para tener un mundo menos contaminado y un

uso más sostenible de los recursos naturales, ya que son fabricados con materiales que no degradan el medio ambiente, y sin perder su calidad, frente a los ladrillos habituales cuya fabricación y materiales no es tan inocua. Teniendo cualidades similares de los ladrillos habituales utilizados para la construcción de las casas, además son económicos en la fabricación.

Por lo consiguiente se menciona que una de sus ventajas de fabricación es que requiere de menos energía y está compuesto de residuos que son recolectados haciendo que sean menor perjuicio para la naturaleza. Son mejores aislantes del frío y del calor exterior, permitiendo que se gaste más energía en el hogar, también son económicos que los convencionales.

Los ladrillos ecológicos hacen que las bases de la construcción contengan mayor presión debido a que son elaborado con materiales reciclados, permitiendo que sean más livianos que los demás ladrillos artesanales o industriales.

Una de sus desventajas es que menciona que la desventaja que contiene el ladrillo ecológico, es que es un producto nuevo, no existe variedades de este producto, todo a esto agregado también existe otra desventaja en la que no se encuentran en los mercados o industrias que se dediquen a la fabricación de estos ladrillos ecológicos, para así poder adquirirlos con facilidad.

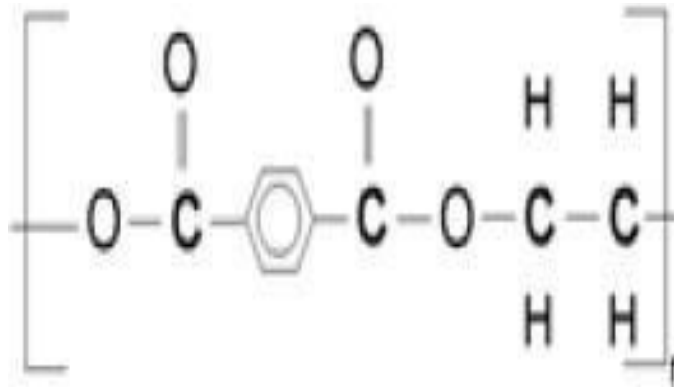
La proporción implica en establecer la conformidad de proporciones correctas de los materiales que compone alguna unidad, con el fin de obtener o determinar un producto de buena calidad. En otras palabras, es la relación correcta entre los elementos de una mezcla cuando son adecuados.

Plástico PET (tereftalato de polietileno – polyethylene terephthalate) es una sustancia sintética de estructura macromolecular, debido a que contiene gran cantidad de moléculas de hidrocarburos, alcoholes y otros compuestos orgánicos. Fue elaborado como un polímero para fibra, por J. R. Whinfield y J. T. Dicknson en 1941, dándole un valor agregado como la producción de envases para líquidos, que además son reciclables. Ambientum (citado por Echeverría, 2017, p.22).

Se menciona que el PET está compuesto por el 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y el 13% de aire; es por eso que se caracteriza por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión, que contiene un alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y aroma de productos (líquidos y/o sólidos), lo cual ha llevado a desplazar a otros materiales. Luis et al (citado por Echeverría, 2017).

Según el MINAM en su informe de composición de los residuos sólidos del Perú, menciono que en el año 2012 se produjo que el 9,7% de los residuos sólidos fue de plástico, ya sea en diferentes compuestos Binner, Méndez y Miyashiro (2016).

**Figura 3.** Unidad estructural del PET.



Fuente: Luis et al (citado por Echeverría, 2017).

El plástico PET presenta las siguientes características:

- Buena resistencia química.
- Alta resistencia al desgaste.
- Buen comportamiento ante esfuerzos permanentes.
- Buen coeficiente de deslizamiento.
- Buenas propiedades térmicas.

**Tabla 5.**Datos técnicos del Polietileno Tereftalato (PET).

<b>DATOS TÉCNICOS DEL POLIETILENO – TEREFTALATO (PET)</b>		
<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>		
Peso específico	134	g/cm <sup>3</sup>
Resistencia a la tracción	825	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la flexión	1450	kg/cm <sup>2</sup>
Alargamiento a la rotura	15	%
Módulo de elasticidad (tracción)	28550	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al desgaste por roce	Muy buena	
Absorción a la humedad	0.25	%
<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>		
Temperatura de fusión	255	°C
Conductividad térmica	Buena	
Temperatura de deformabilidad por calor	170	°C
Temperatura de ablandamiento de Vicat	175	°C
Coeficiente de dilatación lineal de 23 a 100 °C	0.00008	mm por °C
<b>PROPIEDADES QUÍMICAS</b>		
Resistencia a álcalis débiles a temperatura ambiente	Buena	
Resistencia a ácidos débiles a temperatura ambiente	Buena	
Comportamiento a la combustión	Combustiona con mediana dificultad	
Propagación de llama	Mantienen la llama	
Comportamiento al quemado	Gotea	

Fuente: Tomado de Echeverría, 2017.

Su impacto ambiental positivo:

- Disminución de la emisión de los gases del efecto invernadero que emite la fabricación del plástico.
- Es reciclable, haciendo que exista ahorro de materia prima, recursos naturales, económicos y energéticos.
- Disminuye los residuos.

Su impacto ambiental negativo: El impacto negativo que se da por el plástico PET, es que no existe el reciclaje total, su descomposición natural tarda más de 100 años y contamina ecosistemas.

El reciclaje de los plásticos tiene posibles vías de reutilización en diferentes formas naturales, empezando desde su reciclado directo, incineración con o sin recuperación energética, hasta su transformación para obtener productos más nobles de mayor valor agregado mediante el reciclaje químico. Se menciona que la selección del reciclaje depende de su composición y legislación medioambiental.

El PET como ingrediente en un ladrillo nos puede presentar varias ventajas técnicas, entre ellas está la más interesante, es su nivel de aislante térmico que es cinco veces mayor que un ladrillo tradicional, esto nos puede llevar a reducir el grosor tradicional de los muros, a su vez son más livianos que los ladrillos convencionales. En las cuales su ventaja de los plásticos PET son producidos a gran cantidad, ya que son elaborados en diferentes formas, solo los envases de bebidas son reciclados, pero no en su totalidad por motivo que su costo es bajo. Y su desventaja es que no existe una segregación adecuada para estos plásticos, ya que esto hace más laborioso en su recolección, los PET en envases de bebidas son recolectados y tienen un valor económico.

Los escombros se denominan fragmento o resto de material que proviene del desecho de la construcción, remodelación o demolición de estructuras, que también es considerado dentro de los residuos urbanos, como un residuo inerte. Está compuesto por materiales predominantes como cal, arena y piedra, compuestos de cementos, cerámicas, ladrillos y otros más.

El MINAM informe que en el año 2012 se presentó un porcentaje 6,8% de residuos de material inerte, que conforma la composición de residuos sólidos en el Perú. Binner, Méndez y Miyashiro, (2016). Uno de sus impactos positivos ambientales es que ha permitido la creación de tecnologías y normativas para el buen manejo de estos residuos, generando que la construcción civil sea más responsable en la parte ambiental. Y los impactos negativos es el consumo de recursos naturales, consumo de energías no renovables, destrucción de bosques (embalses), contaminación del agua, aire y suelo.

Se menciona que en la actualidad no se reciclan los escombros en el Perú, debido a que no le dan importancia e innovación para la reutilización del escombro; trayendo como consecuencias negativas para el ambiente, ya que son arrojados a la intemperie. La ventaja es que permite el ahorro socioeconómico de constructoras, que va acompañado de una serie de medidas como la reducción o eliminación de descargas ilegales, puesto que la limpieza de estas áreas tiene un costo importante, un ahorro en la fabricación de materiales de construcción, haciendo que su costo sea menor, tanto para la industria como para las constructoras. Es de carácter ecológico, puesto que los escombros reciclados sustituyen a los agregados tradicionales provenientes de reservas naturales que muchas veces, son devastadas en la actividad de la extracción. La desventaja es que hacen que el costo de ladrillos convencionales sea más barato.

### **III. MÉTODO**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación en el proyecto de investigación es aplicado.

##### **3.1.2. Diseño de investigación**

Cuasi Experimental con prueba de hipótesis.

El proyecto de investigación es de diseño cuasi experimental porque trabaja con una variable y se ve el efecto en la otra variable. Además, este diseño de investigación nos permite evaluar los efectos que tiene las proporciones de plástico PET y escombros en el resultado de la calidad del ladrillo ecológico.

#### **3.2. Variables, operacionalización**

VI: Proporciones de plástico PET y escombros.

VD: Calidad del ladrillo ecológico.

#### **3.3. Población, muestra y muestreo**

##### **3.3.1. Población**

Está conformado por ladrillos ecológicos fabricados con diferentes proporciones de plástico PET y escombros.

##### **3.3.2. Muestra**

21 ladrillos, que se utilizaran para realizar las pruebas físicas y mecánicas en el laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo.

##### **3.3.3. Muestreo**



No probabilístico – muestra por conveniencia

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

#### 3.4.1. Técnicas de recolección de datos

En el presente proyecto de investigación se tendrá como objetivo principal la determinación de proporción óptima de plástico PET y escombros, por lo cual pasara varios procedimientos donde determinaran las propiedades físicas – mecánicas según la Norma Técnica E.070.

En el presente proyecto de investigación se realizará de la siguiente manera:

##### A) Técnicas de campo (recolección de muestra).

Para la elaboración y posterior recolección de las muestras se tendrá que realizar diferentes procesos que sumados nos lleven a obtener los ladrillos ecológicos que se requieren para las pruebas físico – mecánicas que se harán en el laboratorio.

##### B) Validez:

###### ➤ Granularía de escombros:

Para este procedimiento se recolectaron escombros de la Corporación Herrera donde se llevó acabo la elaboración de los ladrillos ecológicos, que fueron triturados manualmente y pasado a ser zarandeada por una malla de N°4.

###### ➤ Granularía de plástico PET:

Para este procedimiento se recogerá envases de plástico PET de la universidad Cesar Vallejo y de algunos lugares de la provincia Chiclayo, luego se pasará a la trituradora de la empresa Cerámico Lambayeque S.A.

###### ➤ Aglomerante:

Se utilizará Cemento Portland Tipo 1 fabricado por Cementos Pacasmayo S.A.A. El cemento cumple con los requisitos de las normas ASTM C150 y NTP

334.009. Donde se presentará un certificado de la calidad del cemento.

➤ Pruebas físicos y mecánicos:

Para verificar y obtener resultados sobre la calidad del ladrillo, se realizará en laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo.

### 3.5. Procedimientos:

a) Granularía del escombros

El escombros fue recogido de la corporación Herrera en el distrito de Pomalca, ya que fue pasado a una trituración manual. El escombros reemplazar a la arena gruesa que elaboran los ladrillos de concreto, fue zarandeado con una malla de N° 4, ya que es dado por la norma técnica E – 070.

b) Elaboración de las hojuelas del plástico PET vibrado

Para el proyecto de investigación se necesitó hojuelas de plástico, que son producidos por industrias de polímeros. Estas hojuelas fueron adquiridas en la fábrica Danjos, ya que tiene la forma del confitillo ingrediente para la fabricación de ladrillos de concreto, las hojuelas fueron pasados por el tamiz N° 4.

c) Diseño de la mezcla

El diseño de mezcla se basó en la norma técnica E – 070, pero en menores proporciones donde se llegó a tres dosificaciones.

**Tabla 6.** Diseño de Mezcla

<b>DISEÑO DE MEZCLA</b>				
<b>DOSIFICACIÓN</b>	<b>Cemento (kg)</b>	<b>Escombros (kg)</b>	<b>Plástico PET (kg)</b>	<b>Plástico PET (%)</b>
D 1	4.5	10	1	6%
D 2	3	9	0.5	4%
D 3	2.5	11	0.5	3%

Fuente: Tomado de Echeverría, 2017.

d) Fabricación del molde

Bueno las medidas para la elaboración del molde, nos basaremos en el trabajo realizado por (Echeverría, 2017), son las más usadas en el mercado ya que tienen una mayor durabilidad y resistencia  $f'_{b} = 130 \text{ kg/cm}^2$  en ladrillos ecológicos.

Largo: 24 cm Ancho: 12 cm Alto: 9 cm.

**Figura 4:** Detalle de la geometría de los ladrillos ecológicos de plástico

PET y escombros.



**Fuente:** Imagen propia.

C) Materiales y Equipos de Recolección de Datos:

a) Materiales:

Cemento Portland Tipo 1 fabricado por Cementos Pacasmayo S.A.A. El cemento cumple con los requisitos de las normas ASTM C150 y NTP 334.009.

Escombros.

Hojuelas o flakes de tereftalato de polietileno (PET).

Agua Potable.

b) Equipos:

Mesa vibradora para bloques de concreto de 3HP de potencia, motor trifásico 220V, 50 hertz y 3000 revoluciones por minuto.

Molde metálico para ladrillo de concreto: Largo 24 cm, Ancho 12 cm y Alto 9 cm.

Prensa universal de compresión axial Amsler.

Deformímetro.

Nivel de ingeniero.

Estufa.

Balanza con aproximación de 0.1 g.

Tamices ASTM N°4.

Vernier.

### 3.6. Métodos De Recolección De Datos

Para el análisis de los datos obtenidos se utilizará Excel. Además de los siguientes métodos y los instrumentos empleados para cada prueba o análisis.

#### A) Características de los ladrillos de escombros vibrado con plástico PET reciclado

Los ensayos de las unidades de albañilería se realizaron a la edad de 28 días y se siguieron los procedimientos estipulados en la norma NTP 399.604:2002. La evaluación de estas propiedades permitió clasificar a los tipos del ladrillo.

##### a) Variación dimensional

Esta característica se obtuvo al comparar las dimensiones reales de las unidades con las dimensiones previstas para su elaboración (V).

Para cada unidad se midió, en la parte media de cada cara, el largo (L), ancho (A) y altura (H); obteniendo la dimensión promedio Dp (largo, ancho y alto). La variación dimensional se determinó usando la siguiente fórmula para cada medida:

$$V = \frac{ME - MP}{ME} \times 100$$

V: Variabilidad dimensional (%).

ME: Medida especificada por el fabricante (mm).

MP: Medida promedio (mm).

##### b) Resistencia a la compresión

La prueba de resistencia a la compresión es de vital importancia ya que me servirá

para medir la calidad de mi ladrillo y determinar las proporciones adecuadas, en la elaboración. Esta prueba se llevará a cabo en la universidad nacional Pedro Ruiz Gallo.

Según la norma E-070, me indica que la compresión unitaria  $f_b$  se determinó dividiendo la carga de rotura entre el área bruta (unidades solidas) o entre el área neta (unidades huecas). Y la resistencia a la compresión característica  $f'_b$  se obtuvo restando una desviación estándar al promedio de los resultados de resistencia unitaria a compresión.

La resistencia a la compresión se desarrolla a través de la siguiente formula:

$$F'_b = f_b - \beta$$

$$f_b = \frac{R}{A}$$

$F'_b$  (kg/cm<sup>2</sup>): Resistencia a compresión característica.

$F_b$  (kg/cm<sup>2</sup>): Resistencia unitaria a compresión.

$\beta$  (kg/cm<sup>2</sup>): Desviación estándar.  $R$  (kg): carga de rotura.

$A$  (cm<sup>2</sup>): Área de contacto.

#### c) Absorción

Las unidades seleccionadas se secaron en la estufa a 110 °C  $\pm$  por 24 horas para un peso seco ( $P_1$ ), a continuación, se introdujo totalmente en agua durante 24 horas, para después se registró su peso saturado ( $P_3$ ). La absorción esta expresada en porcentaje.

$$A\% = (P_3 - P_1 / P_1) * 100$$

$A\%$ : Contenido de humedad expresado en porcentaje.

$P_1$  (g): Peso seco.

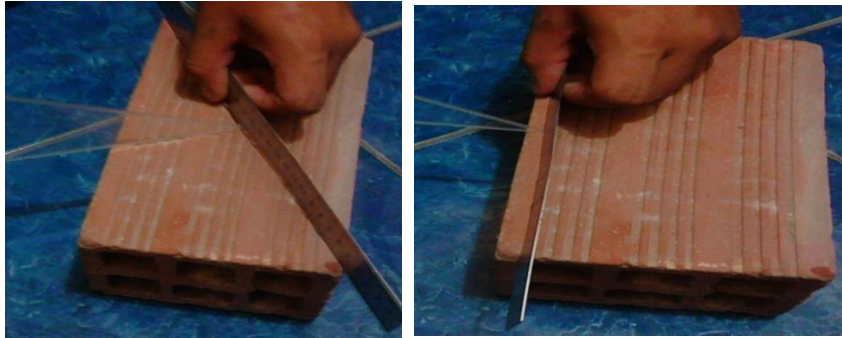
$P$  (3): Peso saturado.

#### d) Alabeo

Para determinar el alabeo se tiene que colocar cada ladrillo sobre una superficie

plana, se colocó sobre la cara de asiento de la unidad una regla metálica que conecta los extremos diagonales opuestos, con el objetivo de determinar si es cóncavo o convexo, también se midió con una cuña graduada al milímetro en la zona más alabeada más alabeada. El alabeo de la unidad se tomó como el valor promedio y se expresó en milímetros.

**Figura 5:** medición del alabeo



Fuente: fotografía propia.

e) Contenido de humedad

Para poder determinar el contenido de humedad se realizó lo siguiente: primero se pesó las unidades en su estado natural (28 días de edad) para obtener un peso inicial; luego fueron introducidas a la estufa a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 24 horas para obtener un peso seco.

$$W (\%) = \frac{P_o - P_1}{P_1} \times 100$$

W (%): Contenido de humedad del ladrillo.

Po (g): Peso inicial.

P1 (g): Peso final.

f) Porcentaje de vacíos

Cada unidad se colocó en una superficie plana y se llenó los alveolos con arena graduada de densidad conocida, luego se levantó el ladrillo y se pesó la arena que ocupaba los alveolos.

El porcentaje de vacíos de la unidad, se obtuvo mediante:

$$\text{Vacíos (\%)} = \frac{\text{Val}}{\text{VT}} = \frac{\text{ParVal}}{\text{Dar}}$$

Dónde:

VT: Volumen total de la unidad (cm<sup>3</sup>).

Val: Volumen de los alveolos de la unidad (cm<sup>3</sup>).

Par: Peso de la arena graduada (g).

Dar: Densidad de la arena graduada (g/cm<sup>3</sup>).

### 3.7. Aspectos éticos

La realización del presente proyecto de investigación se basó en antecedentes de autores internacionales y nacionales los cuales se ha citado correctamente según la norma APA e ISO. El presente proyecto está enmarcado en un cronograma, donde se cumplirá con responsabilidad y puntualidad. Los resultados obtenidos serán verdaderos y corroborados por laboratorio de las universidades Cesar Vallejo y Pedro Ruiz Gallo.

#### IV. RESULTADOS

Determinación de parámetros físicos Resistencia a la compresión:

**Tabla 7.** Resultado del ensayo de compresión del ladrillo con escombros y PET 6%.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN LADRILLO CON ESCOMBROS Y CON PET 6%				
Espécimen	Dimensiones (cm)		Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho		
D 1	24.00	11.96	287.04	100.08
D 2	24.00	12.00	288.00	85.98
D 3	24.00	12.10	290.40	61.022
D 4	24.00	11.90	285.60	95.79
D 5	24.00	12.00	288.00	106.86
Resistencia a la compresión Promedio				89.95
Desviación estándar $\sigma$				17.9
Resistencia característica a Compresión ( $f'_b$ )				72.05

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 8.** Resultado del ensayo de compresión del ladrillo con escombros y PET 4%.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN LADRILLO CON ESCOMBROS Y CON PET 4%				
Espécimen	Dimensiones (cm)		Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho		
D 1	24.00	12.31	295.44	129.79
D 2	24.02	12.48	299.76	74.65
D 3	24.03	12.31	295.80	93.82
D 4	24.04	12.39	297.85	71.22
D 5	24.03	12.33	296.28	100.01
Resistencia a la compresión Promedio				93.90
Desviación estándar $\sigma$				23.5
Resistencia característica a Compresión ( $f'_b$ )				70.4

**Fuente:** Elaboración propia.



**Tabla 9.** Resultado del ensayo de compresión del ladrillo con escombros y plástico PET.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN LADRILLO CON ESCOMBROS Y CON PET 3%				
Especimen	Dimensiones (cm)		Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg) (kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho		
D 1	24.09	12.40	298.71	51.07
D 2	23.54	12.21	287.42	73.24
D 3	24.04	12.41	298.33	58.53
D 4	23.55	12.21	287.54	53.81
D 5	24.06	12.29	295.69	66.02
Resistencia a la compresión Promedio				60.53
Desviación estándar $\sigma$				9.1
Resistencia característica a Compresión ( $f_b$ )				51.43

**Fuente:** Elaboración propia.

#### Variación dimensional

Se determinó la variación dimensional de 7 unidades por cada dosificación, para lo cual se registró la variación de largo, ancho y altura de 21 ladrillos, como se muestra detalladamente en el Anexo N° 3. Los porcentajes promedio de variación dimensional por cada tipo obtenidos, son los siguientes:

**Tabla 10.** Variación dimensional.

DOCIFICACIÓN	VARIACIÓN DIMENSIONAL						TIPO
	Lp(mm)	L%	Ap(mm)	A%	Hp(mm)	H%	
D 6%	240.33	0.13	120.47	0.39	86.54	3.84	IV
D 4%	240.26	0.10	123.43	2.85	86.41	3.98	IV
D 3%	238.38	0.67	123.15	2.62	89.25	0.83	IV

**Fuente:** Elaboración propia.

De la tabla se tiene que todos los tipos de ladrillo ecológico con PET y escombros cumplen con los requisitos de la norma técnica E – 070 en lo que corresponde a variación dimensional y se clasifican como ladrillo de clase IV.

**Tabla 11.** Resultado del ensayo de variación dimensional de los ladrillos PET 6%.

VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL LADRILLO ECOLÓGICO DOCIFICACIÓN 6%																	
Espécimen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)						
	L1	L2	L3	L4	Lp	A1	A2	A3	A4	Ap	H1	H2	H3	H4	Hp		
M1	241.80	239.50	242.50	240.00	240.95	120.80	119.50	120.00	121.60	120.48	87.50	88.00	86.80	86.20	87.13		
M2	238.40	240.50	240.00	239.50	239.60	121.00	120.80	121.60	119.80	120.80	84.80	85.20	85.40	84.30	84.93		
M3	239.80	240.00	241.00	239.50	240.08	118.70	120.40	120.00	119.50	119.65	85.60	86.30	87.00	85.30	86.05		
M4	240.00	239.50	240.50	240.00	240.00	121.70	120.60	120.00	121.00	120.83	88.40	89.00	87.80	89.30	88.63		
M5	242.70	239.80	240.50	240.30	240.83	122.30	121.80	120.40	120.00	121.13	85.60	84.80	86.00	85.00	85.35		
M6	240.80	239.40	240.50	240.00	240.18	119.60	120.00	118.50	120.40	119.63	84.60	85.20	86.40	84.30	85.13		
M7	241.60	238.60	240.50	242.00	240.68	120.00	121.40	120.80	121.00	120.80	89.80	88.40	88.20	87.90	88.58		
	Largo promedio				Lp	240.33	Ancho promedio				Ap	120.47	Altura promedio			Hp	86.54
	Largo fabricante				L	240.00	Ancho fabricante				A	120.00	Altura fabricante			A	90.00
	Var. Dimensional				V%	0.13	Var. Dimensional				V%	0.39	Var. Dimensional			V%	3.84

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 12.** Resultado del ensayo de variación dimensional de los ladrillos PET 4%.

VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL LADRILLO ECOLÓGICO DOSIFICACIÓN 4% PET															
Especimen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Lp	A1	A2	A3	A4	Ap	H1	H2	H3	H4	Hp
M1	238.80	240.00	242.10	239.20	240.19	122.70	122.50	122.00	122.60	122.45	88.50	85.40	85.60	96.60	89.03
M2	242.00	240.30	242.70	239.70	240.22	122.80	122.50	122.30	125.00	123.15	86.20	85.80	86.10	86.00	86.03
M3	238.10	239.20	241.10	238.90	240.03	123.40	122.00	122.50	124.50	123.10	87.10	86.30	82.50	86.00	85.48
M4	238.20	239.50	241.40	239.80	240.21	121.40	122.20	122.60	133.10	124.83	85.60	87.20	85.10	86.30	86.05
M5	240.00	239.60	241.30	240.00	240.37	122.50	122.50	123.00	124.70	123.18	88.00	87.00	84.80	88.20	87.00
M6	239.20	240.10	242.10	240.60	240.44	123.60	123.90	123.40	125.00	123.98	86.30	85.00	86.00	86.10	85.85
M7	240.50	240.00	242.00	239.00	240.38	122.90	122.50	123.00	125.00	123.35	85.30	86.80	84.70	85.00	85.45
	Largo Promedio				Lp	Ancho Promedio				Ap	Altura Promedio				Hp
					240.26					123.43					86.41
	Largo Fabricación				L	Ancho Fabricación				A	Altura Fabricación				H
					240.00					120.00					90.00
	Var. Dimensional				V%	Var. Dimensional				V%	Var. Dimensional				V%
					0.10					2.85					3.98

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 13.** Resultado del ensayo de variación dimensional de los ladrillos PET 3%.

VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL LADRILLO ECOLÓGICO DOSIFICACIÓN N°3																		
Especimen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Alto (mm)							
	L1	L2	L3	L4	Lp	A1	A2	A3	A4	Ap	H1	H2	H3	H4	Hp			
M1	239.20	239.60	241.20	240.20	240.05	121.20	121.80	121.90	133.10	124.50	89.40	89.20	89.80	89.90	89.58			
M2	240.20	240.00	242.10	220.00	235.58	121.50	121.40	122.60	123.00	122.13	91.30	87.40	90.00	88.20	89.23			
M3	241.00	238.70	243.00	241.20	240.98	123.40	123.50	123.40	126.00	124.08	87.40	89.60	89.50	85.90	88.10			
M4	240.90	240.00	241.10	219.70	235.43	121.80	121.80	122.00	123.10	122.18	90.70	88.00	88.00	88.90	88.90			
M5	238.90	241.70	240.90	240.30	240.45	122.00	120.80	121.60	132.00	124.10	89.10	91.00	90.00	90.10	90.05			
M6	240.00	219.80	242.00	240.30	235.53	122.30	121.70	122.30	122.20	122.13	88.70	89.90	89.20	88.00	88.95			
M7	239.10	241.00	242.60	239.80	240.63	122.60	123.00	122.20	124.10	122.98	92.00	88.30	88.80	90.58	89.92			
	Largo Promedio				Lp	238.38	Ancho Promedio				Ap	123.15	Alto Promedio				Hp	89.25
	Largo Fabricación				L	240.00	Ancho Fabricación				A	120.00	Alto Fabricación				H	90.00
	Var. Dimensional				V%	0.67	Var. Dimensional				V%	2.62	Var. Dimensional				V%	0.83

**Fuente:** Elaboración propia.

Se determinó el alabeo de 7 unidades por cada tipo de ladrillo, para lo cual se analizó la concavidad y convexidad de 21 ladrillos, como se muestra detalladamente en el Anexo N°2. El alabeo promedio por cada tipo obtenido, son los siguientes:

**Tabla 14.** Alabeo por cada tipo de ladrillo de escombros y PET.

ALABEO		
TIPO	(mm)	CLASE
6%	2.14	IV
4%	1.71	V
3%	1.86	V

**FUENTE:** Elaboración propia.

El alabeo, ya sea cóncavo o convexo, se presentó en la misma cara de asiento de las unidades lo que atribuye a la fabricación artesanal de los ladrillos. El alabeo es mínimo por lo que se puede clasificar como clase V y clase IV correspondientemente y en la construcción de la albañilería, los muros tendrán una junta uniforme (1 – 1.5 cm).

**Tabla 15.** Resultado del ensayo de alabeo de los ladrillos con escombros y PET 6%.

ALABEO LADRILLO CON ESCOMBRO Y PET 6%					
Especimen	Cara A		Cara B		ALABEO (mm)
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	
M 1	0	1	0	0	1
M 2	0	0	4	0	4
M 3	0	0	0	3	3
M 4	0	2	0	0	2
M 5	0	0	0	2	2
M 6	0	1	0	0	1
M 7	2	0	0	0	2
	Alabeo promedio (mm)				2.14

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 16.** Resultado del ensayo de alabeo de los ladrillos con escombros y PET 4%.

ALABEO LADRILLO CON ESCOMBRO Y PET 4%					
Especimen	Cara A		Cara B		ALABEO (mm)
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	
M 1	0	1	0	0	1
M 2	0	0	2	0	2
M 3	0	0	2	0	2
M 4	0	2	0	0	2
M 5	0	0	1	0	1
M 6	0	2	0	0	2
M 7	2	0	0	0	2
Alabeo promedio (mm)					1.71

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 17.** Resultado del ensayo de alabeo de los ladrillos con escombros y PET 3%.

ALABEO LADRILLO CON ESCOMBRO Y PET 3%					
Especimen	Cara A		Cara B		ALABEO (mm)
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	
M 1	0	1	0	0	1
M 2	0	0	3	0	3
M 3	0	0	0	4	4
M 4	2	0	0	0	2
M 5	0	0	1	0	1
M 6	0	1	0	0	1
M 7	1	0	0	0	1
Alabeo promedio (mm)					1.86

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.1. Absorción

Se determinó la absorción de 2 unidades por cada tipo de ladrillo, para lo cual se analizó los pesos antes y después del ensayo de absorción de 6 ladrillos, como se muestra detalladamente en el Anexo N° 5. La absorción promedio por cada tipo obtenido, son los siguientes:

**Tabla 18.** Absorción por cada tipo de ladrillo de escombros y PET.

ABSORCIÓN	
DOSIFICACIÓN	%
D. 6%	9.54
D. 4%	11.13
D. 3%	11.10

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla se deduce que todos los tipos cumplen con los requerimientos de la norma E – 070, ya que esta menciona que los ladrillos deben tener una absorción máxima de 12%. Se dice que la baja absorción de las unidades indica que no necesitan ser regadas horas antes del asentado de la albañilería.

**Tabla 19.** Resultado del ensayo de absorción de los ladrillos PET6%.

ABSORCIÓN LADRILLO ECOLÓGICO CON EL 6% PET			
Espécimen	Peso Seco (g)	Peso Saturado (g)	Absorción %
D 1	3568	3933	9.28
D 2	3390	3758	9.79
Contenido de Absorción promedio			9.54

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 20.** Resultado del ensayo de absorción de los ladrillos PET4%.

ABSORCIÓN LADRILLO ECOLÓGICO CON EL 4% PET			
Espécimen	Peso Seco (g)	Peso Saturado(g)	Absorción %
D 1	3381	3755	11.06
D 2	3535	3931	11.20
Contenido de Absorción promedio			11.13

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 21.** Resultado del ensayo de absorción de los ladrillos PET 3%.

ABSORCIÓN LADRILLO ECOLÓGICO CON EL 3% PET			
Espécimen	Peso Seco(g)	Peso Saturado(g)	Absorción%
D 1	3650	4055	11.09
D 2	3706	4117	11.10
Contenido de Absorción promedio			11.10

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.2. Contenido de humedad

Se determinó el contenido de humedad de 2 unidades por cada tipo de ladrillo para lo cual se analizó la retención de humedad de 6 ladrillo, como se demuestra en el Anexo N°4. Los valores de contenido de humedad por cada tipo obtenidos, son los siguientes:

**Tabla 22.** Contenido de humedad por cada tipo de ladrillo de PET y escombros.

CONTENIDO DE HUMEDAD	
DOSIFICACIÓN	%
D. 6%	5.89
D. 4%	10.11
D. 3%	3.73

**Fuente:** Elaboración propia.

El contenido de humedad promedio del ladrillo de referencia del 6% y 3% de PET son cercanos a diferencia con la referencia del 4% de PET, esto se debe que contiene menor proporción de plástico y mayor proporción de escombros y cemento.

**Tabla 23.** Resultado del ensayo de contenido de humedad de los ladrillos PET 6%

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL LADRILLO CON DOSIFICACIÓN 6% PET			
Espécimen	Peso Inicial (g)	Peso Seco (g)	Contenido de Humedad%
D 1	3764	3568	5.49
D 2	3603	3390	6.28
Contenido de Humedad promedio			5.89

**Fuente:** Elaboración propia.



**Tabla 24.** Resultado del ensayo de contenido de humedad de los ladrillos PET 4%

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL LADRILLO CON DOSIFICACIÓN 4% PET			
Espécimen	Peso Inicial (g)	Peso Seco (g)	Contenido de Humedad %
D 1	3869	3381	14.43
D 2	3740	3535	5.79
	Contenido de Humedad promedio		10.11

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 25.** Resultado del ensayo de contenido de humedad de los ladrillos PET 3%

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL LADRILLO CON DOSIFICACIÓN 3% PET			
Espécimen	Peso Inicial (g)	Peso Seco (g)	Contenido de Humedad%
D 1	3814	3650	4.49
D 2	3816	3706	2.96
	Contenido de Humedad promedio		3.73

**Fuente:** Elaboración propia.

## **V. DISCUSIÓN**

- Según los resultados mostrados que fueron aplicados a los ladrillos ecológicos con diferentes proporciones de plástico Pet y escombros, que fueron sometidos a pruebas físicas y mecánicas, llegaron a obtener mejor resistencia a la compresión que los otros ladrillos elaborados en los casos presentados.
- Los ladrillos no guardan relación con ningún autor ya que contiene un ingrediente diferente que es el escombros mezclado con el plástico PET y el cemento, es por eso que ha mostrado diferentes resultados aplicados con los mismos parámetros y sistema, ya que se llevan congruentemente con la norma técnica E.0.70 y 0.30.
- Los otros ladrillos fueron sometidos con equipos más implementados y dosificados, ya que no se ha encontrado equipos en el lugar donde fueron aplicados.

## **VI. CONCLUSIONES**

- Se llegó a la conclusión que el ladrillo ecológico con la dosificación del 6% de escombros y PET presento mejor resistencia de compresión que los ladrillos de 4% y 3%.
- Con respecto a la variación dimensional los ladrillos ecológicos con las dosificaciones de 6%, 4% y 3% son de tipo IV, ya que cumple con la norma técnica E – 070.
- En la prueba del alabeo se determinó que el ladrillo con la dosificación del 6% es mejor que los del 4% y 3%, debido a que presentan de tipo IV y las otras dos de tipo V, donde la norma técnica E – 070 clasifica que el tipo IV es un poco mejor que el tipo V.
- En la aparte física los ladrillos ecológicos que fueron sometidos a la prueba de absorción y contenido de humedad, que son pruebas exigidas por la norma técnica E – 070, se concluyó que el ladrillo ecológico con la dosificación 6% es mejor ya que presentaron mejores resultados de las dosificaciones de 4% y 3%.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a las constructoras de optar por materiales que se han menos contaminantes y así poder brindar un desarrollo sostenible.
- Hacer nuevas pruebas para el estudio de propiedades físicas como mecánicas en los de ladrillos a base de residuos sólidos ya se han provenientes de las construcciones y de las industrias de plástico, con el objetivo de dar un valor agregado a estos residuos.
- Obtener un nuevo análisis económico y compatibilizarlo con la parte técnica, con la finalidad de poder crear una industria ladrillera masa sostenible, con el objetivo de dar nuevas opciones al mercado de la construcción.
- Efectuar una nueva investigación para la implementación de algún aditivo en la mezcla, con la finalidad de producir una mejor resistencia a la compresión, a los sulfatos, etc.
- Se recomienda a las instituciones como son Municipalidades, Gobiernos regionales en especial a la OEFA, supervisar constantemente a las constructoras y a las industrias ladrilleras, en el cumplimiento del manejo de sus residuos sólidos.

## REFERENCIAS

- Abanto, F. (2012). *Análisis y diseño de edificaciones de albañilería*. Lima, Perú: San Marcos.
- Barra, R., Sunday, L., Whaley, C., & Bierbaum, R. (Junio de 2018). Plastics and the circular economy. *SCIENTIFIC AND TECHNICAL*, 1-28. Obtenido de <https://www.thegef.org/sites/default/files/publications/PLASTICS%20for%20posting.pdf>
- Binner, E., Méndez, L. C., & Miyashiro, V. R. (2016). *Gestión de Residuos Sólidos Municipales en el Perú y en Austria*. Lima: Universidad Nacional La Molina.
- Echeverría, E. R. (2017). *Tesis*. Obtenido de Ladrillos de concreto con Plastico PET reciclado: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1501/LADRILLOS%20DE%20CONCRETO%20CON%20PL%20C3%81STICO%20PET%20RECICLADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Gaggino, R. (agosto de 2008). Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para el autoconstrucción. *Revista INVI*, 23(63), 137 - 163. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25806306>.
- Guzman, M. (5 de febrero de 2018). *Calidad del aire ambiente (exterior) y salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: [http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
- La República. (21 de 06 de (2011)). *Lambayeque: Ladrilleras informales contaminan el medio ambiente*. Obtenido de La República: <https://larepublica.pe/archivo/550591-lambayeque-ladrilleras-informales-contaminan-el-medio-ambiente>.
- Martínez, A. D., & Cote, M. L. (Diciembre de 2014). Diseño y Fabricación de Ladrillo Reutilizando Material a Base de PET. *Inge Cuc*, 10(2), 76 - 80. Obtenido de <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=ab5ee382-5da4-45fd-aeb8-ba72163c4e68%40sessionmgr4010>.
- Milman, O. (24 de Marzo de 2018). La Gran Mancha de Basura del Pacífico es mucho mayor de lo que se creía. *Nature*, 1-2. Obtenido de [https://www.eldiario.es/theguardian/Gran-Mancha-Basura-Pacifico-estimaba\\_0\\_753125571.html](https://www.eldiario.es/theguardian/Gran-Mancha-Basura-Pacifico-estimaba_0_753125571.html)
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO, [MVCS]. (22 de 10 de 2018). NORMA TECNICA PERUANA E - 030. *Resolución Ministerial N°335 - 2018 - Vivienda*. Perú. Obtenido de [file:///C:/Users/PENDEJOS/Downloads/RM-355-2018-VIVIENDA%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PENDEJOS/Downloads/RM-355-2018-VIVIENDA%20(1).pdf)
- Noticiascaracol.com. (5 de Mayo de 2017). *Noticias Caracol*. Obtenido de ¡Que ingenio! Transforman toneladas de residuos de plástico en ladrillos para construir ‘casas lego’: <https://noticias.caracoltv.com/colombia/que-ingenio-transforman-toneladas-de-residuos-plasticos-en-ladrillos-para-construir-casas-lego>
- Noticiascaracol.com. (5 de Mayo de 2017). *Noticias Caracol*. Obtenido de ¡Que ingenio! Transforman toneladas de residuos de plástico en ladrillos para construir ‘casas lego’: <https://noticias.caracoltv.com/colombia/que-ingenio-transforman-toneladas-de-residuos-plasticos-en-ladrillos-para-construir-casas-lego>
- Parker, L. (05 de 06 de 2018). *Ahogados en un mar de plástico*. Obtenido de National Geographic: [https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/ahogados-mar-plastico\\_12712/1](https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/ahogados-mar-plastico_12712/1)
- Quevedo, E. C. (2017). “INFLUENCIA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA TIPO

PET SOBRE LAS CARACTERISTICAS TECNICAS Y ECONOMICAS DE VIVIENDAS ECOLOGICAS PARA LA ZONA DE EXPANSION DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, ANCASH''. (*Tesis de Magister en Ciencias Ambientales*). Universidad Nacional Santa, Chimbote.

- Real Academia Española. (2017). *REAL ACADEMIA ESPAÑOLA*. Obtenido de ASOCIACIÓN ACADEMICA DE LA LENGUA ESPAÑOLA: <http://dle.rae.es/?id=6nVpk8P|6nXVL1Z>
- RED DE LADRILLERA. (25 de mayo de 2017). *RED DE LADRILLERA*. Recuperado el 9 de Julio de 2018, de RED DE INTERCAMBIO DE CONOCIMIENTOS PARA EL SECTOR LADRILLERO: <http://www.redladrilleras.net/>
- San Bartolomé, Á. (05 de (2005)). *comentarios a la norma técnica de edificación E.070 albañolería*. Obtenido de [file:///C:/Users/PENDEJOS/Downloads/ComentariosNormaE-070- Informe%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/PENDEJOS/Downloads/ComentariosNormaE-070- Informe%20(2).pdf)
- Valles, A. J. (2016). *ELABORACION DE UNA MEZCLA CEMENTICA Y AGREGADOS DE PLÁSTICO RECICLADO, PARA FABRICAR LADRILLOS ECOLOGICOS*. IQUITOS: UNIVESIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA. Obtenido de [http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4363/Alfonso\\_Tesis\\_Titulo\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4363/Alfonso_Tesis_Titulo_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vega. (22 de mayo de 2016). 90 ladrilleras son un peligro para el ecosistema de la región Lambayeque. *La República*, pág. 1.
- Viegas, G. M., Walsh, C., & Barros, M. V. (mayo de 2016). Evaluación cuantitativa de aislaciones térmicas alternativas para viviendas. El caso de la agricultura familiar.
- *Revista INVI*, 31(86), 89 - 117. Obtenido <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=ab5ee382-5da4-45fd-aeb8-ba72163c4e68%40sessionmgr4010&bdata=Jmxhbmc9ZXMMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRl#db=asn&AN=10139271>.

## ANEXOS

Anexo 01: Tabla 26: Matriz de operacionalización de variables

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>DEF. CONCEPTUAL</b>	<b>DEF. OPERACIONAL</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>RANGO</b>
Proporciones de Plástico Pet y Escombros.	En la actualidad los residuos sólidos son compuestos para elaborar otros productos que son utilizados en diferentes formas, como es en el caso de los ladrillos ecológicos que son una alternativa de construcción sostenible, para su elaboración se debe encontrar las proporciones correctas del plástico Pet y escombros, ya que son ingredientes para la elaboración del ladrillo ecológico, donde esto permitirá que el producto sea más óptimo y económico en su elaboración.	Primero se reciclara botellas de plástico PET y escombros, para luego ser triturados y convertirlos en granulometría, para poder tener una mezcla optima con el cemento, para luego ser moldeado al tipo de ladrillo que se dese y así poder clasificarlo.	Plástico PET  Escombros  Cemento	Dosificación N°1: Cemento: 4.5 kg Escombros: 10kg PET: 1 kg  Dosificación N°2: Cemento: 3 kg Escombros: 9kg PET: 0.5 kg  Dosificación N°3: Cemento: 2.5 kg Escombros: 11 kg PET: 0.5 kg

<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DEF. CONCEPTUAL</b>	<b>DEF. OPERACIONAL</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>RANGO</b>	<b>CATEGORIZACI ÓN</b>
Calidad del Ladrillo Ecológico	Para determinar la calidad del ladrillo ecológico se tendrá que cumplir las normativas de edificaciones, ya que no existe una norma técnica que defina a los ladrillos ecológicos, cabe mencionar que la normativa solo permite que sea consistente en el uso, pero no en la parte ambiental. Los ladrillos ecológicos aparte de cumplir la normativa son una alternativa de construcción sostenible, por el motivo que no genera impactos negativos en el ambiente en su elaboración yuso, que además es económico.	Se pasará por pruebas establecidas que determinaran sus propiedades físicas y mecánicas, que son dadas por la norma técnica E – 070. Con el fin de encontrar las proporciones óptimas que cumpla dicha norma.	Variación de la Dimensión (máx. %)  Resistencia a la Compresión (mín. en kg/cm <sup>2</sup> )  Alabeo (Máx. en mm)  Absorción %	10, 15, 15  50> o<180.  10, 8, 6, 4, 2  Sin límites, sin límites, 25, 22, 22	Ladrillo: I,II,III,IV,V  Ladrillo: I,II,III,IV,V  Ladrillo: I,II,III,IV,V  Ladrillo: I,II,III,IV,V



Anexo 02: Tabla 27: Matriz de consistencia para elaboración de tesis.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICAS	MÉTODOS DE ANÁLISIS
¿Cuál será la proporción adecuada del plástico PET y escombros que produzcan ladrillos ecológicos de calidad?	<b>Objetivo general:</b> Determinar cuál es la proporción óptima de plástico PET y escombros para producir un ladrillo ecológico de calidad. <b>Objetivos específicos:</b> ✓ Plantear el procedimiento de elaboración de ladrillos ecológicos. ✓ Establecer el prototipo de ladrillo ecológico a base de plástico PET y escombros. ✓ Determinar la resistencia a compresión de los ladrillos ecológicos con plástico PET y escombros. ✓ Comprobar los resultados	<b>Ha:</b> Con una proporción óptima de plástico PET y escombros en la elaboración de los ladrillos ecológicos aumentara la calidad del ladrillo ecológico. <b>Ho:</b> Con una proporción óptima de plástico PET y escombros en la	<b>VI:</b> Proporciones de plástico PET y escombros. <b>VD:</b> Calidad del ladrillo ecológico.	Cuasi experimental	Está conformado por ladrillos ecológicos fabricados con diferentes proporciones de plástico PET y escombros.	• Técnica de campo (recolección de datos). • Técnicas de laboratorio.	✓ Microsoft Excel  ✓ Google Earth
				DISEÑO	MUESTRA	INSTRUMENTOS	
				Experimental	Cuantos ladrillos voy a utilizar para mi prueba física – mecánicas que se realizaran en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo y	• Mesa vibradora para bloques de concreto de 3HP de potencia, motor trifásico 220V, 50 hertz y 3000 revoluciones por minuto. • Molde metálico para	

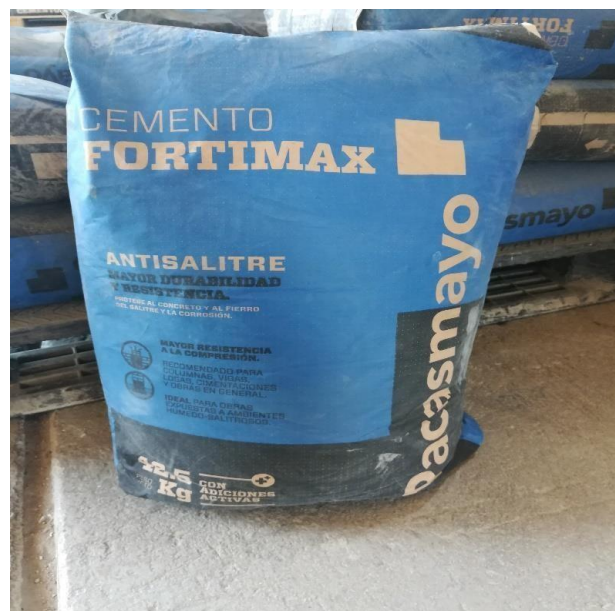
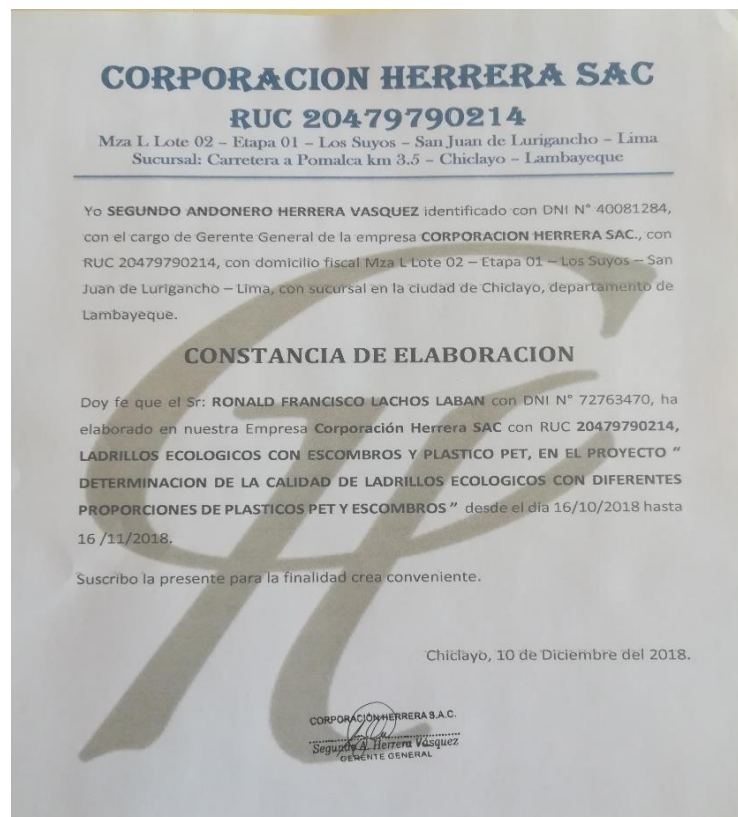
~

	<p>obtenidos con la norma técnica de edificaciones E. 070 albañilería.</p> <p>✓ Determinar la opción más viable para la conservación de nuestro planeta a través de la utilización de los ladrillos ecológicos.</p>	<p>elaboración de los ladrillos ecológicos no aumentaran la calidad del ladrillo ecológico.</p>			<p>Pedro Ruiz Gallo.</p>	<p>ladrillo de concreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prensa universal de compresión axial Amsler.</li> <li>• Máquina de péndulo Amsler.</li> <li>• Deformímetro.</li> <li>• Nivel de ingeniero.</li> <li>• Estufa.</li> <li>• Balanza con aproximación de 0.1 g.</li> <li>• Tamices ASTM (3/4", 1/2", 3/8", N°4, 8, 16, 30, 50, 100) Vernier.</li> </ul>	
--	---	---	--	--	--------------------------	---	--

**Fuente:** Elaboración propia.

Anexo 03: Instrumento de recolección de datos.

Panel de fotos.



## Elaboración de los ladrillos ecológicos con escombros y plástico PET













### Determinación de Pruebas Físicas y Mecánicas





